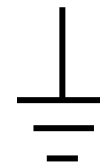


Potentiaalienergia sähkökentässä

- Varatulla hiukkasella on (sähköistä) potentiaalienergiaa sähkökentässä aivan kuten massallisella hiukkasella on (gravitaation) potentiaalienergiaa gravitaatiokentässä.
- Potentiaalienergian E_p määrä riippuu siitä, mikä kentän kohta on sovittu nollatasoksi.
- Käytännössä nollatasoksi valitaan maan potentiaalitaso.
- *Maadoituksessa* sähkölaite liitetään johtimella maahan, jolloin laitteen (rungon) potentiaali on sama kuin maan potentiaali.

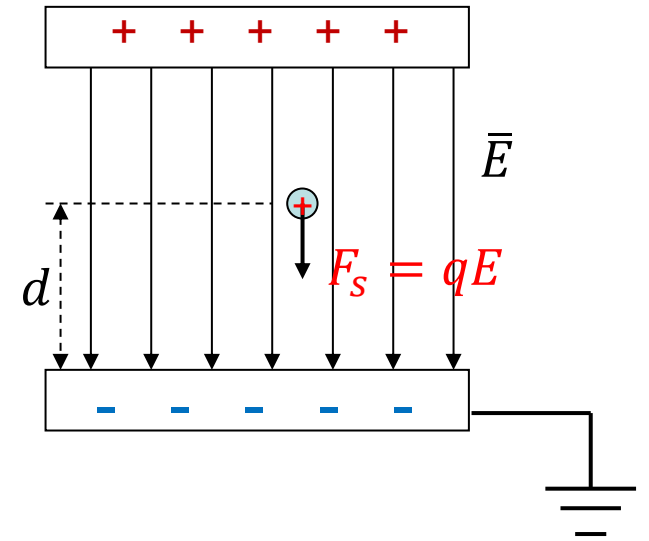
Maadoituksen
piirrossymboli:



- Hiukkasen potentiaalienergia on yhtä suuri kuin siirtotyö.
- Homogeenisessä kentässä

$$E_p = F_s \cdot s = qEd.$$

- q = hiukkasen varaus
- E = sähkökentän voimakkuus
- d = voimaa vastaan siirrytty matka
- vrt. gravitaation potentiaalienergia: $E_p = mgh$
- Tehty työ ei riipu siitä, mitä reittiä pitkin varaus on siirretty. Vain alku- ja loppupisteellä on merkitystä.
- Tämä on *konservatiivisen voiman* määritelmä.
 - Muita konservatiivisia voimia ovat mm. gravitaatio ja jousivoima.



Potentiaali

- Sähkökentän pisteen A *potentiaali* V on kentässä olevan hiukkasen potentiaalienergian ja sen varauksen suhde

$$V = \frac{E_{pA}}{q}.$$

- Potentiaalin yksikkö on voltti.

$$[V] = [E_p]/[q] = 1 \text{ J/C} = 1 \text{ V}$$

- Potentiaali on kentän ominaisuus, joka riippuu sähkökentän voimakkuudesta ja sijainnista kentässä (tässä mielessä voidaan usein rinnastaa se korkeuteen). Se ei siis riipu hiukkasen ominaisuuksista, kuten varauksesta.

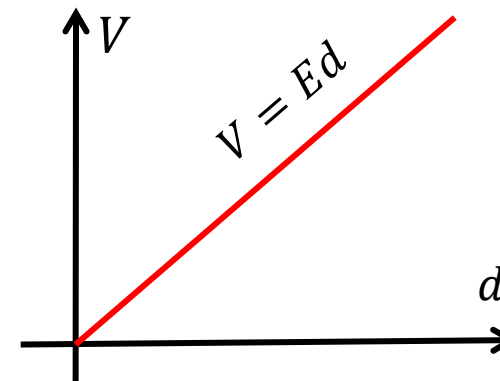
- Homogeenisen sähkökentän potentiaali jossakin kentän pisteessä A on

$$V = \frac{E_{pA}}{q} = \frac{qEd}{q} = Ed,$$

missä d on etäisyys maadoitustasosta, jossa potentiaali on 0.

- Sähkökentän voimakkuus voidaan nyt esittää muodossa $E = \frac{V}{d}$, joten sille saadaan (yksikön N/C lisäksi) yksikkö $[E] = 1 \frac{\text{V}}{\text{m}}$.

Homogeenisessä sähkökentässä potentiaali kasvaa suoran verrannollisesti etäisyyteen nähden:



Jännite

- Kahden pisteen (A ja B) välinen *jännite* U on näiden pisteiden välinen *potentiaaliero*.
- Jännitteen yksikkö on siis myös voltti.
- Homogeenisessa sähkökentässä pätee

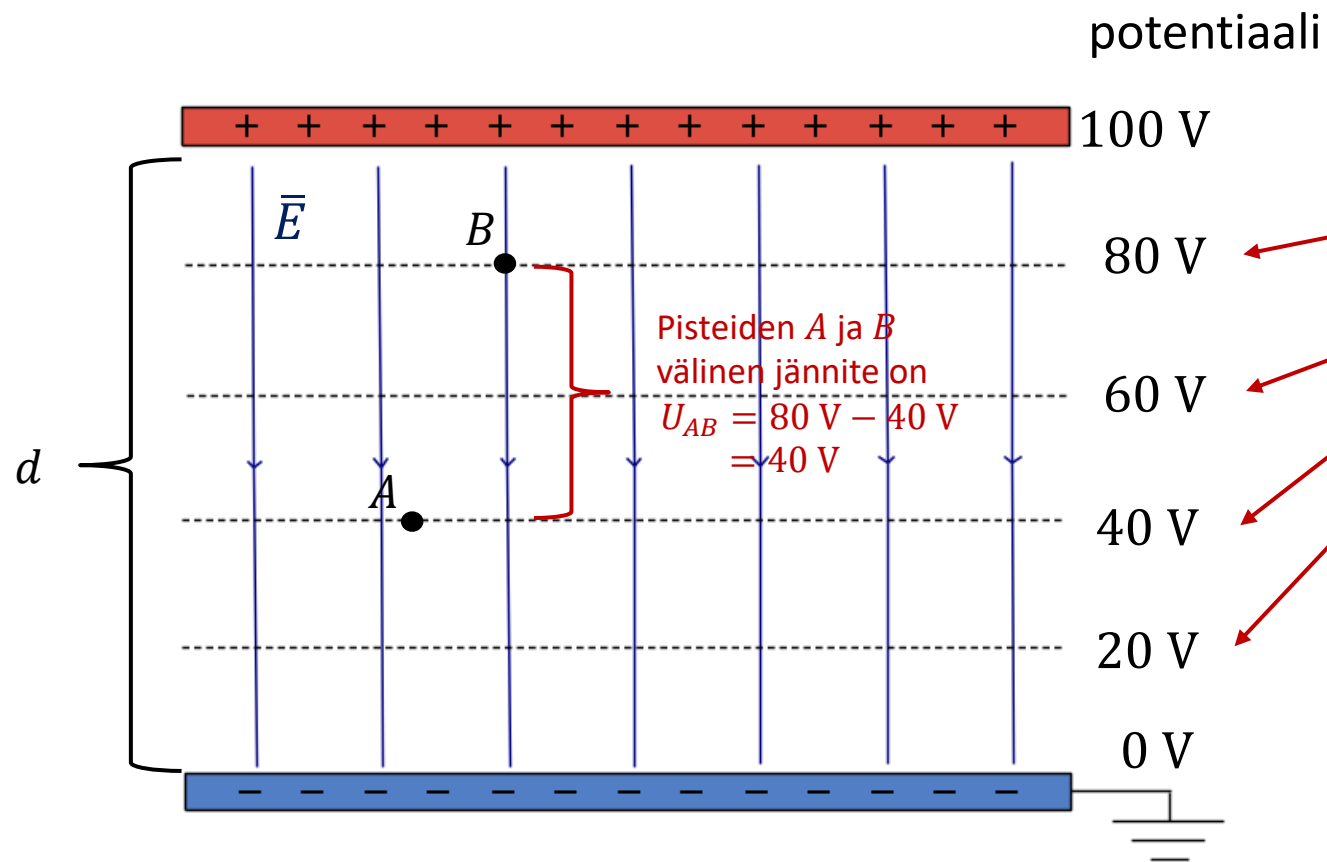
$$U = U_{AB} = V_A - V_B = Ed_A - Ed_B = E(d_A - d_B) = E\Delta d.$$

- Yleensä merkitään $\Delta d = d$, jolloin $U = Ed$.
 - Homogeenisen sähkökentän pisteiden välinen jännite on siis sähkökentän voimakkuuden E ja kentän suuntaisen siirtymän d tulo.
- Huomaa, että jännite on aina kahden kentän pisteen välinen ominaisuus, ikään kuin ”korkeusero”.

Esimerkki potentiaalista ja jännitteestä homogeenisessa sähkökentässä.

Johdelevyt ovat 10 cm etäisyydellä toisistaan ja niiden välillä on 100 V:n jännite.

Miinusmerkkinen levy on maadoitettu.



Tasapotentialipinnat:

Samalla "korkeudella" kentässä on aina sama potentiaali.

Homogeenisessä kentässä potentiaali kasvaa suoraan verrannollisesti etäisyyteen maadoitustasosta.

Sähkökentän voimakkuus on

$$E = \frac{U}{d} = \frac{100 \text{ V}}{0,1 \text{ m}} = 1000 \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Sähkökentän suunta kuvan mukaisesti alaspäin.

Sähkökentän tekemä työ

- Kun positiivisesti varattu hiukkanen siirretään sähkökentän pisteestä A korkeampaan potentiaaliin pisteeseen B , tehdään sähköistä voimaa vastaan potentiaalienergian muutosta vastaava työ $W = \Delta E_p$.
- Tällöin jännite $U = U_{AB} = \frac{\Delta E_p}{q} = \frac{W}{q}$, joten $W = qU$.
 - Vastaavasti sähköinen voima tekee yhtä suuren (kiihdytys)työn, jos hiukkanen päästetään siirtymään pisteestä B takaisin pisteeseen A .
- Työperiaatteen mukaisesti sähköisen voiman tekemä työ on liike-energian muutoksen suuruinen:

$$W = \Delta E_k = qU$$

- Hiukkasfysiikassa (ja kemiassakin) energian yksikkönä käytetään usein *elektronivolttia*, 1 eV .
- Elektronivoltti vastaa sähkövaraukseltaan alkeisvarauksen e suuruisen hiukkasen (kuten protonin) liike-energian muutosta, kun sitä kiihdytetään yhden voltin jännitteellä.

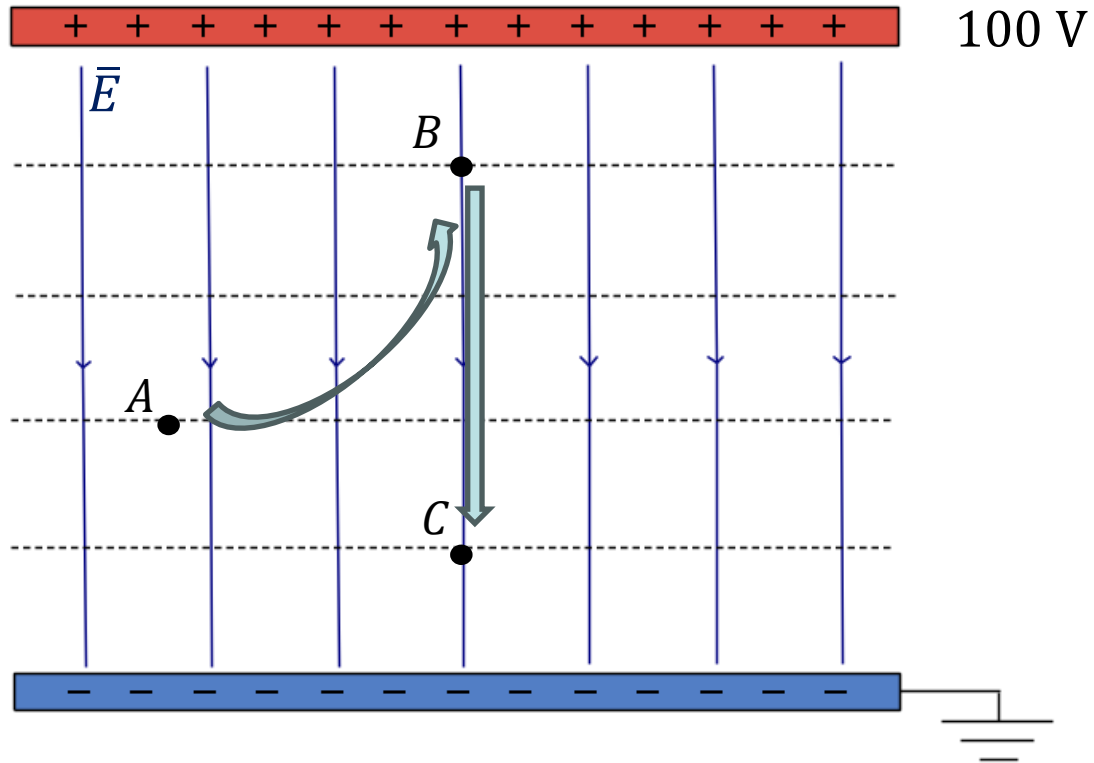
$$W = \Delta E_k = qU = 1 e \cdot 1 V = 1 eV = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

TI- Nspire:

1·_eV

1.602176634E-19·_J

Esimerkki työstä sähkökentässä:



Kuvan mukaisessa homogeenisessa kentässä pisteiden A ja B välinen jännite on 40 V (ks. aiempi esimerkki.)

Jos protoni siirretään pisteestä A pisteeseen B , tehdään 40 eV:n suuruinen työ.

Tämän jälkeen protoni liikkuu (paikaltaan lähtien) sähkökentän kiihdyttämänä kohti maadoitustasoa.

Pisteessä C protonin liike-energia on

$$E_k = \Delta E_k = qU = 60 \text{ eV}$$